

地球物理勘探方法及其在多金属找矿中的应用*

李志杰, 杨瑞亭

新疆地矿局第六地质大队, 新疆 哈密 839000

摘 要:简述了我国资源勘查中常用的物探技术和方法, 认为高分辨率、高精度、多学科、多方位技术的集成应用将成为物探发展的必然趋势。根据物探方法在找矿中的应用, 将其划分为成矿预测 (划分有利成矿环境)、找矿预测 (圈定含矿靶位)、普查评价 (矿体评价) 3 个阶段, 不同阶段采用适当的方法手段。通过对新疆哈密镜儿泉铜镍钴多金属中型矿产地、甘肃宕昌代家庄铅锌矿床进行试验研究, 认为地球物理探矿方法在多金属找矿预测和评价中的应用效果显著。

关键词:地球物理勘探; 多金属找矿; 镜儿泉葫芦铜镍钴多金属矿; 代家庄铅锌矿床

中图分类号: P618.01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-2518(2009)02-0038-04

20 世纪 80 年代以来, 多金属矿产勘查工作的上升趋势促进了各种勘探方法的发展, 随着地表矿与浅部矿的减少, 找矿难度加大, 特别是地层出露差的地区, 物探方法的作用将愈来愈重要。为了提高多金属矿产勘查的地质效果, 笔者论述了近年来国内外物探方法所取得的新进展, 并就物探在多金属找矿方法的选择进行了研究, 探讨了地球物理勘探方法在多金属找矿中的应用, 以期实现多金属找矿的新突破。

1 物探勘查技术常用方法

1.1 航空及地面甚低频电磁法 (VLF)

甚低频电磁法 (Very Low Frequency Electromagnetism, 简称 VLF) 于 20 世纪 80 年代从国外引进。其基本原理: 利用频率为 15~30 kHz 的甚低频军事或广播电台发射的电磁波作为场源, 在地表、空中或地下测量其电磁场的空间分布, 从而获得浅层地质体的电性局部异常, 其探测深度较小 (一般在 50m 左右)。具有仪器设备轻便, 野外观测方法简单, 资料处理速度快等优点。该方法在圈定良导断裂破碎带、蚀变带, 追踪含矿构造, 寻找低电阻率的岩 (矿) 脉, 圈定矿化范围等方面具有鲜明的优点。一般用于浅覆盖区及外围的剖面或扫面工作。

1.2 地震层析成像 (CT)

地震层析成像 (Computerized Tomography, 简称 CT) 起源于 20 世纪 30 年代, 80 年代以后才将其应用于金属矿的地球物理勘查工作中。其原理是用医学 X 射线 CT 的理论, 借助地震波数据来反演地下结构

的物性属性, 并逐层剖析绘制其图像的技术。其主要目的是确定地球内部的精细结构和局部不均匀性。技术理论成熟、分辨率高、探测深度大, 尤其在深部探测方面具有明显的优势。因此, 主要应用于能源矿产的勘探以及地球内部物理结构及地球动力学研究。

1.3 大地电磁测深 (MT)

大地电磁测深 (Magnetotelluricsounding, 简称 MT) 是以天然交变电磁场为场源的被动场源电磁测深法。我国于 20 世纪 60 年代对其进行研究, 并于 1980 年前后应用于矿产勘查工作中。它是通过被动场源引起在地表观测到的电、磁场强度的变化来研究地下岩 (矿) 石电性及分布特征的一种方法。具有探测深度大 (可探测至上地幔)、不受高阻层屏蔽、分辨能力强 (尤其是对良导介质)、工作成本低 (相对于地震勘探) 和野外装备轻便等特点。就金属矿床而言, 矿体与围岩、蚀变围岩与未蚀变岩石之间, 一般均存在较大的电性差异, 矿体中金属硫化物的富集会使其电阻率明显降低, 而控矿脆性断裂、韧性剪切带、蚀变破碎带的出现, 均可导致矿体与周围岩层 (体) 间明显的电性差异。这使大地电磁测深方法成为解决此类问题的有效手段^[2-3]。

1.4 瞬变电磁法 (TEM)

瞬变电磁法 (Transient Electromagnetic Methods, 简称 TEM) 是电磁测深法的一种, 但它是有别于大地电磁测深 (MT 法) 以脉冲电流讯号为场源的主动场源时间域电磁勘探技术。TEM 以电磁感应理论为基础, 通过研究探测目标物感生出的涡流场在其周围空间形成

* 收稿日期: 2008-12-02; 修订日期: 2009-01-07.

的二次电磁场随时间变化的相应特征,推测目标物的空间形态,从而达到探测目的。基于此,TEM对于寻找高导电性的较大矿体的效能突出。另外,TEM还具有探测深度较大、受地形影响较小、施工环境宽松、作业方便等优点。这使得该方法在一些地理景观复杂的矿区得到了广泛的应用^[4-6],找矿效果明显。

1.5 可控源音频大地电磁法(CSAMT)

可控源音频大地电磁法(Controlled Source Audio-frequency Magnetotellurics 简称 CSAMT)是20世纪80年代兴起的基于大地电磁法和音频大地电磁法而发展起来一种主动场源频率域电磁勘探技术。它用一个发射偶极AB供电,电极距离为1~2km,测量工作布置在供电偶极中垂线 $\pm 30^\circ$ 的扇形面积内,测线与供电AB极连线平行。这时的场源可以认为是平面波,通过不断变换供电频率便可达到电阻率测深的目的。在山区,可根据地形灵活选择发射机位置。测量时只移动接收机便可进行面积性测深工作,从而提高了效率,降低了成本。CSAMT法勘探深度大(可达2km以上),由于它可以通过“变频”改变探测深度的不同,而兼有测深和剖面研究的双重特点,是研究深部地质构造和探寻隐伏矿的有效勘查手段。

1.6 连续电导率剖面测量系统(EH4)

EH4连续电导率成像系统是由美国Geometrix公司和EMI公司于20世纪90年代联合生产的一种混合源频率域电磁测深系统。结合了CSAMT和MT的部分优点,利用人工发射信号补偿天然信号某些频段的不足,以获得高分辨率的电阻率成像。其核心仍是被动源电磁法,主动发射的人工信号源探测深度很浅,用来探测浅部构造;深部构造通过天然背景场源成像(MT)。EH4连续电导率成像结果能够直观地反映矿化异常在剖面的形态、规模、矿化强度等,是隐伏矿定位预测的方法之一^[7-9]。

1.7 浅层地震技术

浅层地震技术是地震勘探方法的一种,它是利用人工激发的弹性波在岩石中的传播来研究地下地质结构和岩性信息的一种方法。该方法最初用于油气勘查,目前仍是这一领域的主导方法。该方法比一般方法探测深度大(可达地表以下3km左右),经图像处理能对地下构造的形态和分布做出精细的地质评价。此方法在我国金属矿地震勘查技术仍处在试验阶段。

需要指出的是在使用上述物探方法进行地球物理勘查工作之前,首先要对测区内的地层、岩体、矿石等采集足够数量的标本进行电性参数的测定,从而确

定是否具备开展地球物理勘探的物性条件。同时应注意各种方法的综合使用以对异常进行相互印证,仅用单一的方法对隐伏矿进行成矿预测是很困难的,也不符合当前隐伏矿产勘查的发展趋势。

2 地球物理勘查技术在多金属找矿中的应用

根据研究及施工顺序,将物探方法在找矿中的应用划分为以下3个阶段^[10]。

2.1 区带成矿预测阶段——划分有利成矿环境

这一阶段主要是了解和研究区带成矿环境,即主要研究探索深大断裂、板块缝合带、地体衔接带、断陷裂谷及其次级构造等。此阶段物探工作的主要任务是探测和研究隐伏构造,可利用1:20万或1:50万区域航磁、重力和遥感资料结合开展CSAMT剖面工作。重磁梯级带、正负相间的线性磁异常带、台阶式或不连续的卡尼亚电阻率断面是这些隐伏构造的物理场特征。在有利的构造条件下,利用航电资料结合开展1:50 000或1:20 000的磁法、电法和放射性测量等工作,研究热液活动的情况和元素或矿化分布特征及规律,圈定有利成矿区带。

2.2 找矿预测阶段——圈定含矿靶位

这一阶段是在有利的成矿区带进行普查找矿,寻找有利赋矿空间,探测和研究这些空间内的硫化物分布特征及规律。当既有利的赋矿空间、又有硫化物富集,则可能成为含矿靶位。这一阶段可结合开展1:10 000或1:5 000磁法、1:5 000或更大比例尺电法、放射性测量等工作。磁场不稳定、电性变化、高极化异常和 γ 能谱异常可能是赋矿部位的物理场标志。这一阶段重视对工作区内已知矿化点或矿点地球物理特征的研究,借以修正和正确选择地球物理探测目标,提供地球物理资料的解释,确定找矿预测的地球物理场标志。

2.3 普查评价阶段——矿体评价

这一阶段需解决的问题是矿体(含矿载体)的赋存部位和形态、产状、规模以及储量。在研究矿化规律、矿化特征等地质要素与地球物理特征关系的基础上,选择探测目标、并结合地质研究成果和数学方法才能取得满意的效果。选准目标是关键,所确定的目标应具备3个条件:与矿体有直接或间接的、较明确的关系;采用地球物理勘探方法能够找到(能够辨认);工作方法在经济上合理。目标的选择要结合物探方法的能力,根据应具备的3个条件结合具体地质情况来确定。根据探测目标

体的规模、分布规律等,经济且有效地选择方法、合理配置,并选择适当的工作比例尺。

3 物探方法在多金属找矿中的应用

多金属矿床多富含硫化矿物,具有低电阻率或高极化率,有些矿床因含有磁性矿物而具磁性,与成矿有关的构造运动或热液活动使周围的地球物理场发生变化,这些物性差异为物探找多金属矿提供了地球物理基础。现以新疆哈密镜儿泉葫芦铜镍矿床和甘肃省宕昌县代家庄铅锌矿的发现及物探化探找矿效果为例。

3.1 新疆哈密镜儿泉葫芦铜镍矿床

新疆哈密镜儿泉葫芦铜镍矿床位于哈密市东南部,大地构造上属于塔里木板块和准噶尔板块的接合部位,塔里木板块东北缘。区内出露地层为下石炭统干墩组和中石炭统梧桐窝子组,区域断裂构造发育,NEE向断裂控制了区域基性—超基性岩的展布。葫芦岩体是一复式岩体,它既是铜镍硫化物的母岩,又是矿体的容矿岩石,矿体呈似层状赋存于其辉石岩相底部,产状明显受岩相控制。铜镍成矿物质来源于地

幔,由基性、超基性岩浆带到地壳浅部,成因属于与基性—超基性岩体有关的岩浆熔离型铜镍硫化物矿床。

新疆地矿局第六地质大队寻找哈密镜儿泉铜镍钴多金属中型矿产地时,在航磁异常地面查证基础上,采用磁测和化探岩石测量扫面的方法,识别了葫芦复式岩体的形态,圈定基性—超基性岩体的分布范围,划分出岩体的不同相带,且大致区分出了含矿的辉石岩相。认为超基性岩体(包括橄榄岩相和辉石岩相)的形态在南北剖面上呈不对称的盆状,在东西剖面上呈东浅西深的2个相交的盆状,中基性岩体(包括辉长岩相和闪长岩相)的形态呈不规则的漏斗状和铜镍钴元素的高含量浓集中心。在圈定的异常中心布置综合剖面,采取激发极化法中间梯度、联合剖面法和激电测深装置进行测量,配合磁法、化探对异常做出定性分析解释。在激电异常中心提出了钴探验证孔位。钴探验证结果表明,在激电异常中心部位156m深处见到视厚度为30.68m的铜镍钴金属工业矿体,向南追索的钻孔中又见到视厚度为65.24m的铜镍钴金属工业矿体(图1)。取得了当年普查、当

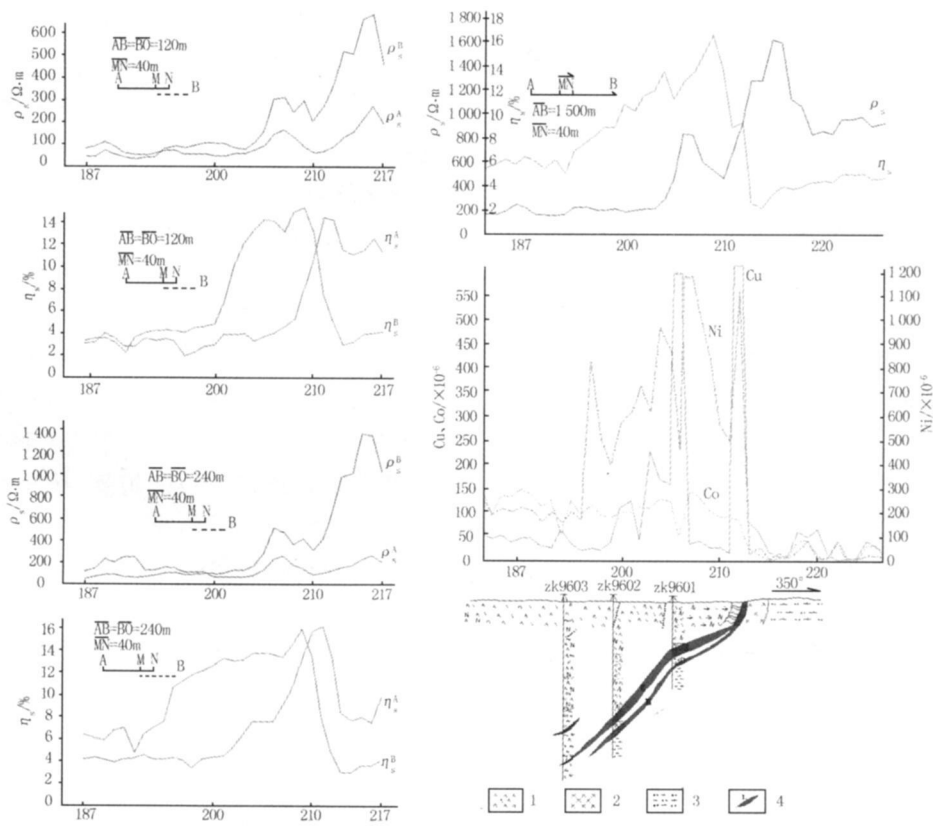


图1 葫芦铜镍矿区96线综合剖面图

1. 橄榄岩; 2. 辉长岩; 3. 石英闪长岩; 4. 矿体及编号

年上钻、当年见矿的地质找矿效果,同时,充分证明了物探在普查地下隐伏矿体中的重要作用。

3.2 甘肃省宕昌县代家庄铅锌矿床

代家庄铅锌矿床位于甘肃省宕昌县境内,矿区内植被覆盖厚,区内地球化学异常发育,是应用地球化学异常寻找有色金属矿的一个成功案例(图2)。在该矿床勘查过程中,根据矿体(层)与围岩存在电性差异,且对应有次生晕异常的特征,布置激电中梯、激

电测深、土壤测量等方法圈定异常;结合矿床地质特征,在找矿有利部位进行了工程验证,取得了较好的找矿效果。

总之,为了勘探开发复杂地质矿产资源,高分辨率、高精度、多学科、多方位技术的集成应用将成为物探发展的必然趋势。

参考文献

- [1] 周圣华, 鄢云飞, 李艳军. 矿产勘查中的物化探技术与地质效果[J]. 地质与勘探, 2007, 43(6): 58-62.
- [2] 马德锡, 范俊杰, 于爱军, 等. 高密度电法长剖面测量应用研究[J]. 黄金科学技术, 2008, 16(2): 48-56.
- [3] 梁光河, 徐兴旺, 肖骑彬, 等. 大地电磁测深法在铜镍矿勘查中的应用——以与超镁铁质岩有关的新疆图拉尔根铜镍矿为例[J]. 矿床地质, 2007, 26(1): 120-127.
- [4] 金中国, 邹林, 赵位文. 瞬变电磁法在黔西北猫猫厂铅锌矿区找矿中的应用[J]. 地质与勘探, 2002, 38(6): 48-50.
- [5] 刘国兴, 王喜臣, 张小路, 等. 大功率激电和瞬变电磁法在青海锡铁山深部找矿中的应用[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2003, 33(4): 551-554.
- [6] 陈卫, 杨生, 王有霖, 等. 时间域瞬变电磁法在地质勘查中的应用[J]. 矿产与地质, 2006, 20(4-5): 538-542.
- [7] 申萍, 沈远超, 刘铁兵, 等. EH4连续电导率成像仪在隐伏矿体定位预测中的应用[J]. 矿床地质, 2007, 26(1): 70-78.
- [8] 沈远超, 申萍, 刘铁兵, 等. 东天山镜儿泉铜镍矿床成矿预测及EH4地球物理测量依据[J]. 地质与勘探, 2007, 43(2): 62-67.
- [9] 曾庆栋, 刘铁兵, 李光明, 等. 新疆布尔克斯岱金矿床成矿远景[J]. 地质与勘探, 2004, 40(4): 17-20.
- [10] 王志明. 地球物理探矿方法在金矿勘查中的应用研究[J]. 矿产与地质, 1996, 10(2): 131-135.

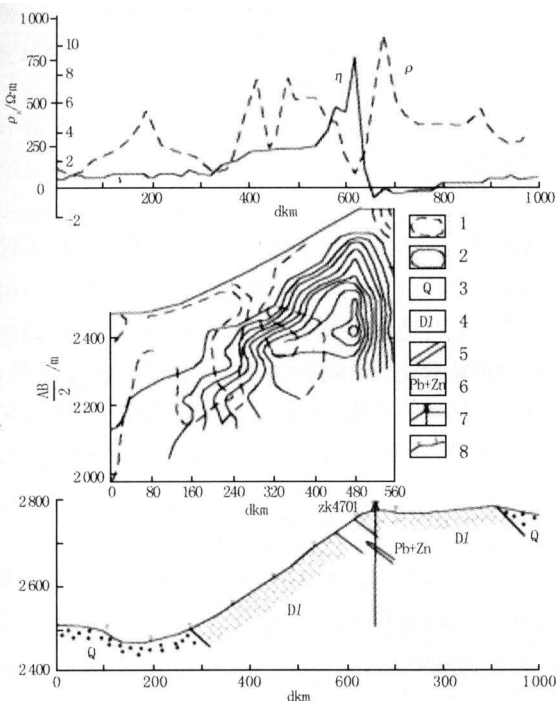


图2 代家庄铅锌矿区I—I综合剖面

1. 视电阻率曲线; 2. 视极化率曲线; 3. 第四系残坡积物;
4. 泥盆系龙鳞桥组灰岩夹板岩; 5. 断层带; 6. 隐伏铅锌氧化大矿体;
7. 钻孔位置及编号; 8. 激电测深点位置

Application of Geophysical Exploration Methods in Polymetallic Prospecting

LI Zhijie YANG Ruiting

No. 6 Geological Party, Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Hami 839000, Xinjiang, China

Abstract: We describe the geophysical technologies and methods of China's resources exploration briefly and consider that the integrated application of high resolution, high precision, multidisciplinary and multi-orientation technology will become inevitable trend of geophysical development. According to the application of geophysical methods in prospecting, we divide it into three stages of metallogenic prognosis, prospecting prediction and mass screening evaluation; different stages adopt proper method. Through the experiment study on the Jingerquan copper-nickel-cobalt polymetallic medium ore deposit in Hami of Xinjiang and Daijiashang lead-zinc mine in Dangchang of Gansu, we consider that the effect of geophysical exploration methods in polymetallic prospecting prediction and evaluation is obvious.

Key words: Geophysics investigation; Polymetallic prospecting; Jingerquan Huli copper-nickel-cobalt polymetallic ore; Daijiashang lead-zinc mine.